



Рис. 3 Окончание

## ЛИТЕРАТУРА

1. Белый, А.В. Инженерия поверхностей конструкционных материалов концентрированными потоками ионов азота / А.В. Белый, В.А. Кукареко, А. Патеюк. – Минск : Белорусская наука, 2007. – 244 с.

УДК 621.762:621.921

## ПРОИЗВОДСТВО ИНСТРУМЕНТОВ ИЗ НАНОСТРУКТУРНЫХ СВЕРХТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ

П.А. Витязь, В.Т. Сенють, И.В. Валькович

*Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, Минск*

М.Л. Хейфец

*ГНПО «Центр» НАН Беларуси, Минск*

*Разработаны технологии производства инструментов с пластинами из сверхтвердых материалов, включающие синтез наноструктурных порошков и спекание поликристаллов из порошков.*

Практика использования инструментов показывает, что в ряде случаев целесообразно использовать сверхтвердые материалы (СТМ) в виде компактных материалов, содержащих частицы СТМ, спеченные без добавок связующего в поликристаллические блоки. Это обуславливает актуальность разрабатываемых технологических основ синтеза наноструктурных СТМ и их последующего компактирования без связующего [1, 2].

Разработку технологии получения порошков СТМ с использованием наноалмазов осуществляли:

- при синтезе частиц алмаза и КНБ субмикронных и микронных размеров из графита и гексагонального нитрида бора (ГНБ) с использованием ультрадисперсных алмазов (УДА) в качестве активатора процесса синтеза;

- при синтезе поликристаллических частиц субмикронных и микронных размеров с применением наноалмазов, модифицированных тонким поверхностным слоем неалмазного углерода [3].

В первом случае получение порошков СТМ связано с фазовым превращением в отдельных частицах графита и ГНБ, инициируемым УДА, во втором случае фазовое превращение происходит в тонком слое неалмазного углерода на поверхности УДА с последующим спеканием УДА в более крупные частицы.

Основные этапы технологии:

1. *Модифицирующий отжиг порошка наноалмазов.* Проводится в условиях защитной атмосферы (водород, дисаммиак) с целью удаления адсорбированных и хемосорбированных кислородсодержащих групп, воды и замены их на водородсодержащие соединения, что позволяет защитить частицы УДА от графитизации в условиях высоких температур и низкого давления. Отжиг проводится в диапазоне температур 800 – 1000 °С в течение 2 – 4 часов. Отжигу подвергаются как очищенные от неалмазного углерода УДА, так и УДА с неалмазным углеродом на поверхности частиц.

2. *Приготовление шихты на основе наноалмазов и неалмазных форм углерода (нитрида бора).* В зависимости от вида получаемых частиц производится механическое смешивание очищенного порошка УДА и порошка графита (ГНБ) либо смешивание очищенного порошка УДА с порошком УДА, модифицированным тонким слоем неалмазного углерода в баночном смесителе в течение 1 – 2-х часов. Модифицирование УДА неалмазными формами углерода производится путем отжига порошка УДА либо алмазсодержащей шихты в условиях вакуума при температуре 1100 – 1200 °С при выдержке на заданной температуре в течение 45 мин.

3. *Термобарическая обработка (синтез) шихты в условиях высоких давлений и температур.* Синтез порошков осуществляется в аппарате высокого давления (АВД) в диапазоне давлений 2 – 4 ГПа при температуре в диапазоне 1200 – 1350 °С. Синтез поликристаллических частиц на основе УДА осуществляется при более низких технологических параметрах: давление 2 ГПа, температура 1200 – 1250 °С. Синтез алмаза и КНБ из графита и ГНБ с применением УДА происходит при более высоких

режимах: давление 4 ГПа, температура 1300...1350°C. Длительность синтеза в обоих случаях составляет 30 с.

4. *Механическое диспергирование спека после синтеза.* Дробление полученного спека осуществляется путем его раздавливания в пресс-форме усилием 100 МПа и последующего размола в баночном смесителе до получения однородного порошка.

5. *Химическая очистка от остаточных неалмазных форм углерода (нитрида бора).* Химическая очистка заключается в удалении остаточных (непрореагировавших) частиц графита (ГНБ), неалмазных форм углерода, а также дисперсных образований УДА, которые затруднительно использовать в дальнейшем при получении композиционных и поликристаллических материалов. Удаление углерода производится путем кипячения продуктов размола в смеси азотной и концентрированной серной кислот, взятых в соотношении 3:1 по массе с добавлением бихромата калия. ГНБ удаляется путем обработки продуктов размола в расплаве КОН.

6. *Классификация порошка с помощью ситового метода или седиментацией в жидкости.* В зависимости от дисперсности полученных частиц для их классификации может быть использован ситовый метод (для частиц свыше 40 мкм) и седиментация порошка в жидкости (в воде) для разделения микропорошков.

На основе синтезированных порошков алмаза и кубического нитрида бора путем спекания в условиях высоких давлений и температур получают поликристаллические блоки для лезвийной обработки сплавов цветных металлов, керамики, сталей и чугунов.

Технологии получения поликристаллов включают следующие основные этапы:

1. *Химическое модифицирование порошков СТМ.* На стадии газофазного химического модифицирования осуществляется удаление с поверхности частиц влаги, кислородсодержащих соединений, а также нанесение на поверхность частиц активаторов спекания и компонент связующего. Модифицирование осуществляется в атмосфере дисаммиака в диапазоне температур 800 – 1000 °С, время выдержки на заданной температуре составляет 2 – 4 часа. Для модифицирования порошков алмаза используется Со в качестве катализатора-растворителя, а также Ti, В, Si в качестве карбидообразующих элементов. Порошки КНБ перед спеканием модифицировали Al.

2. *Термобарическая обработка порошка в условиях высоких давлений и температур.* Компактирование порошков осуществляется в АВД, в котором проводится синтез порошков СТМ. В данном случае используются более высокие давление и температура: при спекании

алмазных порошков применяется давление 5...7 ГПа, температура составляет 1600...2200 °С, спекание КНБ осуществляется при давлении 4...6 ГПа и температуре 1400...2000 °С. Выдержка при заданной температуре производится в течение 15...30 с.

3. *Химическая очистка от примеси остаточных неалмазных форм углерода (нитрида бора).* Очистка алмазных поликристаллов производится путем их обработки в кислотах путем кипячения, поликристаллы на основе КНБ подвергаются обработке в расплаве щелочи.

4. *Контроль физико-механических свойств поликристаллов.* Полученные образцы контролируются визуально с помощью оптического микроскопа на предмет наличия поверхностных дефектов, пор, трещин. Контроль – 100 %.

5. *Механическая обработка поликристаллов.* После операции контроля осуществляется механическая обработка образцов с помощью алмазных чашечных кругов с целью придания им необходимых геометрических размеров, углов. Полученные поликристаллические блоки могут крепиться на державку механически либо с помощью пайки.

По разработанным технологиям синтезированы поликристаллические СТМ на основе КНБ и алмаза, из которых изготовлены режущие пластины для лезвийной обработки материалов.

Разработаны технологии получения наноструктурных СТМ с использованием наноалмазов, включающие различные варианты. В первом случае синтез частиц алмаза и КНБ субмикронных и микронных размеров из графита и ГНБ происходит с использованием наноалмазов в качестве активатора процесса синтеза. Во втором случае осуществляют получение поликристаллических частиц субмикронных и микронных размеров на основе наноалмазов, модифицированных тонким поверхностным слоем неалмазного углерода. Спроектированы технологии синтеза наноструктурных порошков алмаза и кубического нитрида бора. По разработанным технологиям синтезированы поликристаллические СТМ на основе КНБ и алмаза, изготовлены режущие пластины для лезвийной обработки сплавов цветных металлов, керамики, закаленных сталей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Модифицирование материалов и покрытий наноразмерными алмазосодержащими добавками / П.А. Витязь и др. – Минск: Беларус. навука, 2011. – 522 с.
2. Технологии конструкционных наноструктурных материалов и покрытий / под общ. ред. П.А. Витязя и К.А. Солнцева. – Минск: Беларус. навука, 2011. – 283 с.
3. Витязь, П.А. Синтез и применение сверхтвердых материалов / П.А. Витязь, В.Д. Грицук, В.Т. Сенюць. – Минск: Беларус. навука, 2005. – 359 с.